从基础研究走向实际应用的探索与思考

——以中国科学院病原微生物与免疫学重点实验室为例

施 一
中国科学院微生物研究所 北京 100101

摘要 加强基础研究是实现高水平科技自立自强的核心举措之一。建党百年之际，回顾新中国科技事业发展历程，总结利于促进科技事业发展、推动基础研究走向实际应用的经验，并指出中国科学院开启的创新文化建设是创造有利于基础研究环境的重要举措。文章进一步陈述了中国科学院病原微生物与免疫学重点实验室从基础研究走向实际应用的探索和实践经验。

关键词 基础研究，实际应用，科技创新，创新文化

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210605002

党的十九届五中全会提出，坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。如何在新时代加快实现科技自立自强，打造一支党领导下的国家战略科技力量至关重要。中国科学院（简称“中科院”）作为国家战略科技力量的重要组成部分，坚持“四个面向”，即面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求和面向人民生命健康，按照习近平总书记对中科院的“四个率先”和“两加快一努力”要求，聚焦主责主业，作为国家队、国家人，始终心系国家事，肩扛国家责，努力在科技自立自强和科技强国建设中作出更大创新贡献。

1 回顾中国科技发展，基础研究推动科技创新、促进成果转化

读史可以明智。回顾中国的科技发展历程，我们经历了不同的阶段。在古代，以四大发明为标志，中国科技长期领先于世界。从16世纪后期起，中国错过工业科技革命和产业革命的机遇，科技逐步落后于西方国家。而在近代中国，由于政治腐败、战乱频繁、

资助项目：中国科学院青年创新促进会优秀会员项目（Y201921）
修改稿收到日期：2021年6月7日

经济和教育水平落后等原因，中国科技事业远远落后于世界水平，“快马加鞭”不及“火车隆隆”、“手工作坊”不敌“机器生产”、“大刀长矛”终败于“坚船利炮”，中国沦为了半殖民地半封建社会。直到新中国成立后，在党的领导下，我国的现代科技事业才得到较全面发展[1]。2021 年是建党百年，我们更是要从这段历史汲取精神和经验，为实现科技自立自强提供强大动力。

1949—1978 年，我国对外要面对动荡的国际局势，对内要面对混乱的社会环境，亟待通过大力发展工业、制造业和农业使新中国度过危险的新生时期。想要建立完整的现代化工业和农业体系，必须加强基础研究、实现科技自强。因此，党和政府采取自力更生的发展方针，成立中科院和国家科学技术委员会，海外引进人才和国内培养并重，壮大科研队伍，编制远景规划，做出“向科学进军”的重大战略部署。这一时期，一大批归国优秀科学家为中国科技事业的发展作出了卓越贡献，在国防科技、医学科技和农业科技等领域取得了重大成就，涌现出“两弹一星”、人工合成牛结晶胰岛素和超级杂交水稻等一批杰出科技成果。

1978 年中国实行改革开放后，党和政府高度尊重知识，尊重人才。邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”，在这一思想的指引下，我国科技事业迈出改革与探索的坚定步伐，向世界科技前沿奋力追赶，迸发出无限力量。随着社会的发展，国家对科技的重视程度和经费投入也逐渐提高。然而，科技发展背后的“隐忧”——基础研究薄弱、创新能力差、缺乏重大原创性成果，也逐渐被大家所关注到。我国是“制造”大国却不是“智造”大国。以生命科学为例，实验研究所用的仪器、试剂大都依赖于进口；特别是高端仪器，几乎全部是国外品牌。在科学论文发表量逐年攀升的同时，真正属于开创性的研究工作少，以及研究成果向实际应用的转化率却差强人意。面对这种情况，1997 年我国制定国家重点基础研究发展计划（“973计划”），开展面向国家重大需求的重点基础研究。这是中国加强基础研究、提升自主创新能力的重大战略举措。近年来，党和国家对加强基础研究、推动科技创新给予了越来越高的关注度。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称“‘十四五’规划”）中更是将科技创新提高到了前所未有的战略高度，强调“持之以恒加强基础研究”。

在新中国科技事业发展的 70 余年里，我们可以总结出来 3 条利于促进科技事业发展、推动基础研究走向实际应用的经验。

（1）高度重视科学技术发展，立足国情世情，从国家建设需求出发，加强基础研究与科技创新，编制国家科学技术发展的短期和长期远景规划，并给予保障支持。从《1956—1967 年科学技术发展远景规划》强调“重点发展、迎头赶上”、《1963—1972 年科学技术规划纲要》提出“自力更生，迎头赶上”，到“973 计划”提出“开展面向国家重大需求的重点基础研究”、《国民经济和社会发展第十个五年计划科技教育发展专项规划》指出“提高科技持续创新能力”，以及 2021 年“十四五”规划提出“加强原创性引领性科技攻关”“持之以恒加强基础研究”，我国一直根据国内外形势发展和国家战略需求来制定国家科学技术发展规划，并逐步形成了国家科技计划体系。这体现了国家在制定科学技术规划上坚持继承和发展的观念，与时俱进，不断调整。

（2）国家高度重视科技工作者，尊重科研工作客观规律。1961 年，为纠正“左”的错误，中央制定了《关于自然科学研究机构当前工作的十四条意见（草案）》，强调要对被错误批判的人员进行平反，并提到要保证科研工作时间。该草案充分调动了广大科技人员积极性，对团结科技人员、推动科技发展具有积极作用。多年来，国家一直秉承着对科技工作者的尊

重与重视。习近平总书记在2021年5月28日在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科协第十次全国代表大会（以下简称“科技三会”）上的讲话中强调[2]，要建立让科研人员把主要精力放在科研上的保障机制，让科技人员把主要精力投入科技创新和研发活动。决不能让科技人员把大量时间花在一些无谓的迎来送往活动上，花在不必要的评审评价活动上，花在形式主义、官僚主义的种种活动上。“十四五”规划中也提出，全方位为科研人员松绑，拓展科研管理“绿色通道”。国家给予科研人员足够的尊重与重视，为科研人员创立良好的科研环境，尊重科学研究自身规律，让科研人员能够集中精力于科研工作，对推动科技成果产出具有非常重要的意义。

（3）国家高度重视科技体制改革，不断加强科技创新，推动基础研究向实际应用的转化。1985年，《中共中央关于科学技术体制改革的决定》的发布，揭开了全面科技体制改革的序幕。之后，国家陆续推出了包括改革科技拨款制度、科研事业费管理办法、专业技术职务聘任制度、自然科学基金制度、建立技术市场等一系列重大举措。改革的核心是确立科技成果商品化的思想，革除原有体制下科技与经济脱节的弊端，促进科技与经济的融合，进而解放和发展科技生产力。

习近平总书记2021年5月28日在“科技三会”的讲话中提出，推进科技体制改革，形成支持全面创新的基础制度。要健全社会主义市场经济条件下新型举国体制，把政府、市场、社会等各方面力量拧成一股绳，形成未来的整体优势。

基础研究作为科技创新的源泉，从根本上决定着我国产业发展的水平和国际竞争力。习近平总书记指出，基础研究更要应用牵引、突破瓶颈，从经济社会发展和国家安全面临的实际问题中凝练科学问题，弄通“卡脖子”技术的基础理论和技术原理。

2 基础研究与创新文化

2021年5月28日，习近平总书记在“科技三会”上强调，要加强原创性、引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战；并指出，加强基础研究是科技自立自强的必然要求。中科院作为国家科学技术领域的最高学术机构，认真学习贯彻习近平总书记“科技三会”讲话精神，以国家需求为导向，加强基础研究，发挥学术带头作用，迎难而上，集中力量解决重大原创的科学问题，抢占科技制高点，构筑基础研究到产业转化的快车道，用科技创新推动产业发展，为实现中华民族伟大复兴提供科技支撑。

早在1998年，中科院出台《迎接知识经济时代，建设国家创新体系》报告，率先提出创新文化建设理念。创新文化的核心和本质是科学精神；培育创新文化，就是弘扬科学精神。创新文化建设理念在推动科技创新的同时，也在实践中逐渐得到丰富与升华。作为中科院的科技工作者，我们以解决影响制约国家发展全局和长远利益的重大科技问题为目标，将创新文化贯彻到日常科研工作中，加快基础研究，推动科技创新，并加速推动科研成果从“实验室”走向“市场”的进程。

2018年1月3日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，确定加大支持基础科学研究的措施，提升原始创新能力。原始创新能力是一个国家核心竞争力的重要体现。只有不断创新，才能适应时代发展，使我国在日趋激励的国际竞争中立于不败之地。李克强总理指出，基础科研的深度和广度，决定一个国家原始创新的动力和活力。一直以来，中科院按照“四个率先”和“两加快一努力”的要求，集中力量办大事，通过发挥多学科交叉和大科学装置聚集的综合优势，不断加强应用基础研究，全面参与国际科技合作，大力推动我国重大原创能力和水平，增强我国经济的创新力和竞争力[3]。习近平总书记在“科技三

会”上提到的来自基础研究和原始创新、战略高科技领域、高端产业、新冠肺炎疫情防控、民生科技、国防科技创新等领域的重要成果中，有不少来自中科院。近年来，中科院实现了生物、信息、材料、能源与制造等多领域的基础研究与应用转化。这些骄人的成果正是中科院重视基础研究、不断推动创新向应用发展的最好证明。

习近平总书记在科学家座谈会上的讲话中也进一步指出，要创造有利于基础研究的良好科研生态，建立健全科学评价体系、激励机制，鼓励广大科研人员解放思想、大胆创新，让科学家潜心搞研究。良好的科研环境是科学研究的有力保障，有利于创新型人才的培养和科研成果的产出。

3 中科院病原微生物与免疫学重点实验室发展实践

依托于中科院微生物研究所（以下简称“微生物所”）的中科院病原微生物与免疫学重点实验室（以下简称“病原室”）成立于2008年12月。在中科院院士、病原室主任高福的带领下，病原室以国家传染病防控战略需求为导向，沿着中国病毒学先驱之一田波院士在微生物所开辟的医学病毒研究方向不断进行深入探索，建立起一支以病原生物学和免疫生物学为基础研究方向、以疫苗和药物等病原防控产品研发为应用方向来开展相关研究工作的高水平研究队伍。

3.1 建立创新文化，聚焦国家需求

成立之初，病原室就确定了“和而不同、跨越创新”的发展理念，提倡每个研究团队既要保持相对独立研究方向；而各个团队又是一个整体，团结凝聚，发挥建制化优势，在传染病防控领域以只争朝夕的跨越创新精神开展科学前沿研究。

病原室在初期时，以基础研究为主，主要考虑的是如何能够站在世界科学前沿。2009年，甲型H1N1流感的世界大流行严重威胁着我国国家公共卫生安全。在此情况下，病原室迅速围绕流感病毒的感染特性、传播机制等基础研究领域展开攻关研究。通过不断地积累与探索，病原室在新发突发病毒跨种传播机制这一科学前沿方向走到了世界前列。自此之后，在2012年始发的中东呼吸综合征（MERS）疫情、2013年出现的H7N9禽流感疫情、2014年暴发的西非埃博拉病毒病疫情、2016年暴发的寨卡疫情、2018年在尼日利亚暴发的新一轮拉沙热疫情和最近暴发的新冠肺炎疫情中，病原室都迅速、积极投身于新发突发传染病的病毒感染特性和传播机制研究。针对病毒感染特性和传播机制的研究，有助于找出抗病毒药物的作用靶点，对药物研发和阻断病毒传播途径、控制病毒的蔓延提供了重要的理论依据。

3.2 基础研究与实际应用并重

2015年病原室学术委员会会议上，有专家指出，病原室在传染病基础研究理论上已经取得了非常优秀的成绩，但是在病毒防控产品研发中仍然做得不够，尚未获得独立自主的可投入应用的疫苗和药物。彼时，病原室的研究人员也在思考如何推动基础研究成果向实际应用转化，获得抗病毒药物或者其他制剂，并让公众能够直接感受到科学的力量。自此，病原室开启了从基础研究为主的发展模式转向基础应用并重的新发展模式，成为病原室发展的转折点。

以新冠病毒重组蛋白疫苗为例，具体说明基础研究如何走向实际应用。2012年，病原室开始针对与新冠病毒同属冠状病毒科的MERS病毒的结构和感染特性展开研究。在实验过程中发现，合成表达出的MERS病毒的抗原靶位病毒表面刺突蛋白受体结合区域（RBD）存在二聚体形式，并且动物免疫实验发现RBD二聚体形式会比单体形式产生滴度高很多的保护性抗体。这一发现启示了研究人员以RBD二聚体形式进行重组蛋白疫苗的研发。此时，安徽智飞龙科马生物制药公司（以下简称“智飞公司”）非常看好病原室重组蛋白疫苗研究的发展前景。通过多次洽谈，

双方达成战略合作协议，智飞公司正式参与到重组蛋白疫苗的研发中，并为疫苗的研发提供经费。新冠肺炎疫情暴发后，病原室迅速以同样的设计理念进行新冠病毒重组蛋白疫苗研发。在实验室研究的同时，由智飞公司进行临床与量产准备，保证了新冠病毒重组蛋白疫苗的迅速上市。

3.3 基础研究与应用研究的不同特点

从基础研究到应用研究往往伴随着科研团队人员专业构成和人员规模的变化。在从事基础研究工作时，研究团队人员专业构成相对简单，人员规模也不大，体现出“小而专”的特点，即集中精力，做好前沿科技领域探索。然而，在基础研究上有所突破后，要走向实际应用时，为了满足成果转化需要，研究团队人员专业构成会进一步复杂化，其人员规模也从小变大，体现出“大而全”的特点。因此，在不同发展时期，研究团队负责人应当采取不同的策略来调整团队组成和规模，以最佳模式来推动科技创新和应用。

4 结语

我国正处于“两个一百年”奋斗目标的历史交汇点、开启全面建设社会主义现代化国家新征程的重要时刻。在这个历史方位上，加强基础研究，推动我国实现高水平科技自立自强，加速科技成果向现实生产力转化，全面提升我国产业水平，是建设科技强国的重要一环。

针对基础研究向实际应用转化的问题，笔者认为如果能将基础研究获得的科学知识跟实际问题和需求联系起来，势必会进一步推动基础研究的深度和系统性，创造出巨大的现实价值。同时，通过建立以国家需求和实际问题为导向的国家基础研究资助导航系统[4]，强化基础研究人员理论联系实际的价值理念，无疑将会对下一步国家经济和社会发展产生重要影响。最后，希望我们的经验能为其他单位在中国探索更好的基础研究走向实际应用的模式提供一些启发与帮助。

参考文献

1 中华人民共和国科学技术部. 中国科技发展70年（1949—2019）. 北京: 科学技术文献出版社, 2019.

2 习近平. 在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话. 北京: 人民出版社, 2021.

3 吴月辉. 突出原始创新 攻克核心技术（权威发布）. 人民日报，2019-11-20(06).

4 施一, 李姜元鸿, 王更生, 等. 构建基础研究资助导航系统平台，推动技术创新支撑现代产业体系发展. 中国科学院院刊, 2021, 36(5): 573-579.

Thoughts on Basic Research to Practical Application: Case Study on CAS Key Laboratory of Pathogenic Microbiology and Immunology

SHI Yi

(Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract Strengthening basic research is one of the key strategies to achieve high-quality self-reliance of science and technology. On the occasion of the Centenary of the Communist Party of China, we review the development of science and technology in China and summarize the experience of promoting basic research to practical application. We also point out that the construction of innovation culture initiated by Chinese Academy of Sciences is useful to create a favorable environment for the basic research. Moreover, we describe the experience of how CAS Key Laboratory of Pathogenic Microbiology and Immunology promotes basic research to practical application.

Keywords basic research, practical application, science and technology innovation, innovation culture



施 一 中国科学院微生物研究所研究员，中国科学院病原微生物与免疫学重点实验室副主任。中国青年科技工作者协会生物与医药科学专业委员会秘书长，中国科学院青年创新促进会第五届理事会理事长。长期从事病原感染调控的分子机制、免疫细胞受体与配体相互作用与识别机制研究，以及药物研发。对流感病毒、埃博拉病毒、寨卡病毒、沙粒病毒、冠状病毒等的感染过程进行了深入研究，取得一系列重要进展。曾担任国家传染病科技重大专项项目首席科学家，主持国家自然科学基金优秀青年基金、面上项目，以及中国科学院战略性先导科技专项项目、中国科学院青年创新促进会优秀会员项目等。发表SCI论文100余篇，其中以第一或通信作者在*Cell*、*Nature*、*Science*等期刊发表20余篇。
E-mail:shiyi@im.ac.cn

SHI Yi Principal Investigator and Professor at Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences (CAS). Deputy Director for CAS Key Laboratory of Pathogenic Microbiology and Immunology (CASPMI). He is also the Secretary General of the Biological and Medical Sciences Committee of the Chinese Association of Young Scientists and Technologists, Fifth Director General of Youth Innovation Promotion Association of CAS. Dr. Shi mainly focuses on the molecular mechanism of pathogen infection and regulation by the host, and the interaction between receptors and ligands during immune response. He has been supported by the National Science and Technology Major Project (as Chief Scientist), the Excellent Young Scientists Fund of National Natural Science Foundation of China, the Strategic Priority Research Program of CAS, and Youth Innovation Promotion Association of CAS (excellent member). He has made remarkable contributions on the infection mechanism of several important human pathogens including influenza virus, Ebola virus, ZIKV, arenavirus, and coronaviruses. More than 100 SCI indexed papers have been published in international academic journals, including more than 20 of them, as first or corresponding authors (including co-first or corresponding), published in *Cell*, *Nature*, *Science*, etc. E-mail: shiyi@im.ac.cn

■责任编辑：岳凌生